

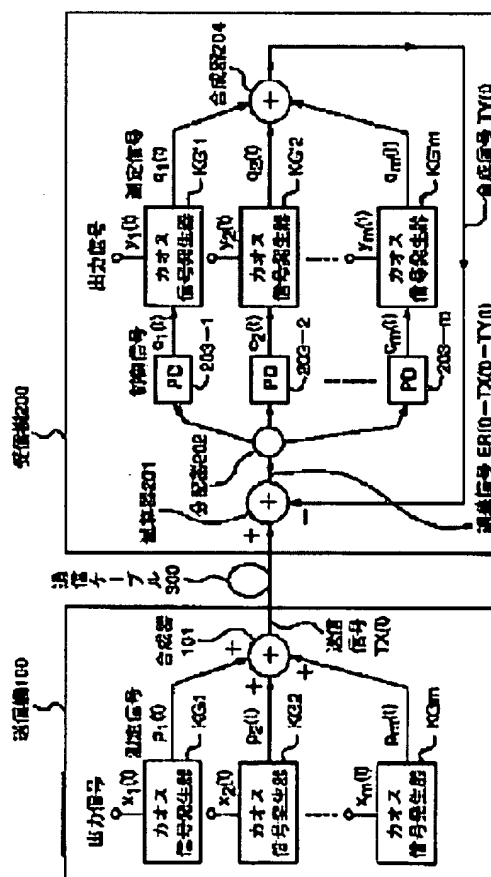
# COMMUNICATION SYSTEM USING CHAOS SIGNAL GENERATOR

**Patent number:** JP2000089182  
**Publication date:** 1999-10-06  
**Inventor:** RIYUU UN; PETER DAVIS  
**Applicant:** ATR ADAPTIVE COMM RES LAB  
**Classification:**  
 - International: G02F1/03; H04B10/00; H04J13/00; G06F7/58  
 - european:  
**Application number:** JP19980258191 19980911  
**Priority number(s):** JP19980258191 19980911

Report a data error here

## Abstract of JP2000089182

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To separate and to synchronize original chaos signals from the signals which are made by superimposing chaos signals of the chaos signal generators that are mutually independent. **SOLUTION:** In a transmitter 100, first chaos signal generators KG1 to KGm have mutually independent and different parameters and generate chaos signals. A synthesizer 101 synthesizes plural chaos signals and transmits the synthesized signals to a receiver 200 through a communication cable 300. In the receiver 200, second chaos signal generators KG'1 to KG'm have the same parameters of the generators KG1 to KGm and generate chaos signals. A synthesizer 204 synthesizes the plural generated chaos signals and outputs the synthesized signals after the synthesis. A subtractor 201 subtracts the synthesized signals from the transmitted signals and outputs the signals as control signals to the generators KG'1 to KG'm. Therefore, the corresponding chaos signals of the transmitter 100 and the receiver 200 are separated and synchronized.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-89182

(P2000-89182A)

(43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 F 1/03	5 0 2	G 0 2 F 1/03	5 0 2 2 H 0 7 9
H 0 4 B 10/00		G 0 6 F 7/58	Z 5 K 0 0 2
H 0 4 J 13/00		H 0 4 B 9/00	Z 5 K 0 2 2
// G 0 6 F 7/58		H 0 4 J 13/00	A

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-258191

(22) 出願日 平成10年9月11日 (1998.9.11)

(71) 出願人 396011680

株式会社エイ・ティ・アール環境適応通信  
研究所

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷 5  
番地

(72) 発明者 劉 雲

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷 5  
番地 株式会社エイ・ティ・アール環境適  
応通信研究所内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外 2 名)

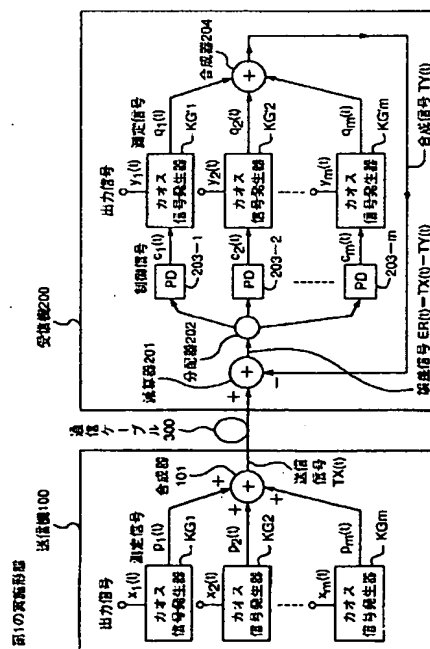
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カオス信号発生器を用いた通信システム

(57) 【要約】

【課題】 互いに独立しているカオス信号発生器のカオス信号の重ね合わせである信号から元のカオス信号を分離同期させる。

【解決手段】 送信機100では、第1のカオス信号発生器KG1-KGmは互いに独立で異なるパラメータを有してカオス信号を発生し、合成器101は複数のカオス信号を合成して合成後の送信信号を通信ケーブル300を介して受信機200に伝送する。受信機200では、第2のカオス信号発生器KG'1-KG'mは第1のカオス信号発生器KG1-KGmと同一のパラメータを有してカオス信号を発生し、合成器204は発生された複数のカオス信号を合成して合成後の合成信号を出力する。減算器201は伝送された送信信号から合成信号を減算して制御信号として第2のカオス信号発生器KG'1-KG'mに出力する。従って、送信機100と受信機200の対応するカオス信号は分離して同期する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 通信路を介して接続された送信機と受信機とを備えた通信システムにおいて、

上記送信機は、

互いに独立でかつ異なるパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第 1 のカオス信号発生器と、上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第 1 の合成手段とを備え、

上記受信機は、

上記複数の第 1 のカオス信号発生器とそれぞれ同一のパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第 2 のカオス信号発生器と、

上記複数の第 2 のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の合成信号を出力する第 2 の合成手段と、

上記第 1 の合成手段から出力される送信信号から、上記第 2 の合成手段から出力される合成信号を減算して誤差信号を生成して、制御信号として上記複数の第 2 のカオス信号発生器に出力する減算手段とを備え、

上記複数の第 2 のカオス信号発生器を上記制御信号を用いて制御することにより、上記複数の第 2 のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号はそれぞれ、上記複数の第 1 のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号に分離して同期することとを特徴とするカオス信号発生器を用いた通信システム。

【請求項 2】 上記複数の第 1 のカオス信号発生器と上記複数の第 2 のカオス信号発生器はそれぞれ、

所定の波長の光信号を発生する光発生手段と、

上記光発生手段によって発生された光信号を、入力される変調信号に従って変調して、変調後の光信号を出力する光変調手段と、

所定の長さを有し、上記光変調手段から出力される光信号を伝送する光伝送路と、

上記光伝送路によって伝送された光信号を 2 分配し、一方の光信号をカオス信号として出力する一方、他方の光信号を別のカオス信号として出力する光分配手段と、

上記光分配手段から出力される別のカオス信号を電気信号に光電変換して出力する光電変換手段と、

上記光電変換手段から出力される電気信号を増幅して上記光変調手段に変調信号として出力する増幅手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 記載のカオス信号発生器を用いた通信システム。

【請求項 3】 上記複数の第 1 のカオス信号発生器はそれぞれ、

所定の波長の光信号を発生する光発生手段と、

上記光発生手段から所定の距離だけ離れて設けられ、上記光発生手段によって発生された光信号を反射して上記光発生手段に帰還する光反射手段とを備えたことを特徴

とする請求項 1 記載のカオス信号発生器を用いた通信システム。

【請求項 4】 第 1 と第 2 の通信路を介して接続された送信機と受信機とを備えた通信システムにおいて、

上記送信機は、

互いに独立でかつ異なるパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第 1 のカオス信号発生器と、上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記第 1 の通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第 1 の合成手段と、

上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を、入力される対応するデータ信号に従って変調して、変調後のカオス信号を出力する複数の変調手段と、上記複数の変調手段から出力される複数の変調後のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記第 2 の通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第 3 の合成手段とを備え、

上記受信機は、

20 上記複数の第 1 のカオス信号発生器とそれぞれ同一のパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第 2 のカオス信号発生器と、

上記複数の第 2 のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の合成信号を出力する第 2 の合成手段と、

上記第 1 の合成手段から出力される送信信号から、上記第 2 の合成手段から出力される合成信号を減算して誤差信号を生成して、制御信号として上記複数の第 2 のカオス信号発生器に出力する減算手段と、

30 上記減算手段から出力される制御信号に基づいて、上記複数の第 2 のカオス信号発生器から出力される対応するカオス信号を用いて、データ信号を復調して出力する複数の復調手段とを備え、

上記複数の第 2 のカオス信号発生器を上記制御信号を用いて制御することにより、上記複数の第 2 のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号はそれぞれ、上記複数の第 1 のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号に分離して同期するとともに、上記受信機で分離された複数のカオス信号を用いてデータ信号を復調することを特徴とするカオス信号発生器を用いた通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、カオス信号発生器を用いた通信システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、1つの合成信号から複数の信号を分離同期する方法は、ほとんど周期信号に関するものであった。代表的な例はコード分割多重アクセス (CDMA) 通信方式中の擬似雑音コード (以下、PNコードと

いう。)の同期方法(以下、第1の従来例という。)である(例えば、従来技術文献1「A. W. Lam et al., "Theory and applications of spread-spectrum systems", IEEE Inc., Chap.8, pp.136-144, 1994年」参照。)。この第1の従来例では、送信側から複数のPNコードの合成信号を送信し、受信側では、ある特定なPNコードを送信側に同期させるために、そのコードの位相をシフトしながら、送信された合成信号との相関信号を計算し、相関ピークの位置を探すように構成されている。

【0003】また、1つの合成信号から複数のカオス信号を回復する方法に関しては、最近ショー(Xiao)らが提案した数値モデルを用いる方法(以下、第2の従来例という。)がある(例えば、従来技術文献2「J.H.Xiao et al., "Synchronization of spatiotemporal chaos and its application to multichannel spread-spectrum communication", PRL 77, 4196, 1996年」参照。)。この第2の従来例では、送信側と受信側ともに1つの信号により片方向結合した複数のカオス信号発生器を駆動する。従って、同じ駆動信号を受信側に送ることによって、受信側のカオス信号発生器の出力信号をそれぞれ送信側の対応のカオス信号に同期させることが可能である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、第1の従来例の方法では、PNコードが鋭い自己相関ピークを持つことと、異なるPNコード間の直交性を持つことと、PNコードが周期を持つことが条件である。そのため、PNコードの位相を周期区間に渡ってスキャンすれば相関ピークを特定できることが保証される。しかし、不規則なカオス信号の場合、周期が無限大であるため、相関ピーク位置の特定によって同期を取ることが不可能である。

【0005】また、第2の従来例では、複数のカオス信号発生器は片方向で結合しており、発生されたカオス信号も互いに独立ではなかった。また、実現構成に関しては開示も示唆もされていなかった。

【0006】本発明の目的は以上の問題点を解決し、従来例に比較して構成及び条件が簡単であって、互いに独立しているカオス信号発生器のカオス信号の重ね合わせより構成される1つの信号から元のカオス信号を分離同期して信号の送受信を行うことができる通信システムを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る請求項1記載のカオス信号発生器を用いた通信システムは、通信路を介して接続された送信機と受信機とを備えた通信システムにおいて、上記送信機は、互いに独立でかつ異なるパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第1のカオス信号発生器と、上記複数のカオス信号

生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第1の合成手段とを備え、上記受信機は、上記複数の第1のカオス信号発生器とそれぞれ同一のパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第2のカオス信号発生器と、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の合成信号を出力する第2の合成手段と、上記第1の合成手段から出力される送信信号から、上記第2の合成手段から出力される合成信号を減算して誤差信号を生成して、制御信号として上記複数の第2のカオス信号発生器に出力する減算手段とを備え、上記複数の第2のカオス信号発生器を上記制御信号を用いて制御することにより、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号はそれぞれ、上記複数の第1のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号に分離して同期することを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0008】また、請求項2記載のカオス信号発生器を用いた通信システムは、請求項1記載のカオス信号発生器を用いた通信システムにおいて、上記複数の第1のカオス信号発生器と上記複数の第2のカオス信号発生器はそれぞれ、所定の波長の光信号を発生する光発生手段と、上記光発生手段によって発生された光信号を、入力される変調信号に従って変調して、変調後の光信号を出力する光変調手段と、所定の長さを持つ、上記光変調手段から出力される光信号を伝送する光伝送路と、上記光伝送路によって伝送された光信号を2分配し、一方の光信号をカオス信号として出力する一方、他方の光信号を別のカオス信号として出力する光分配手段と、上記光分配手段から出力される別のカオス信号を電気信号に光電変換して出力する光電変換手段と、上記光電変換手段から出力される電気信号を増幅して上記光変調手段に変調信号として出力する増幅手段とを備えたことを特徴とする。

【0009】さらに、請求項3記載のカオス信号発生器を用いた通信システムは、請求項1記載のカオス信号発生器を用いた通信システムにおいて、上記複数の第1のカオス信号発生器はそれぞれ、所定の波長の光信号を発生する光発生手段と、上記光発生手段から所定の距離だけ離れて設けられ、上記光発生手段によって発生された光信号を反射して上記光発生手段に帰還する光反射手段とを備えたことを特徴とする。

【0010】また、本発明に係る請求項4記載のカオス信号発生器を用いた通信システムは、第1と第2の通信路を介して接続された送信機と受信機とを備えた通信システムにおいて、上記送信機は、互いに独立でかつ異なるパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第1のカオス信号発生器と、上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記第1の通信路を介して上記受信機

に伝送して出力する第1の合成手段と、上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を、入力される対応するデータ信号に従って変調して、変調後のカオス信号を出力する複数の変調手段と、上記複数の変調手段から出力される複数の変調後のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記第2の通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第3の合成手段とを備え、上記受信機は、上記複数の第1のカオス信号発生器とそれぞれ同一のパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第2のカオス信号発生器と、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の合成信号を出力する第2の合成手段と、上記第1の合成手段から出力される送信信号から、上記第2の合成手段から出力される合成信号を減算して誤差信号を生成して、制御信号として上記複数の第2のカオス信号発生器に出力する減算手段と、上記減算手段から出力される制御信号に基づいて、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される対応するカオス信号を用いて、データ信号を復調して出力する複数の復調手段とを備え、上記複数の第2のカオス信号発生器を上記制御信号を用いて制御することにより、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号はそれぞれ、上記複数の第1のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号に分離して同期するとともに、上記受信機で分離された複数のカオス信号を用いてデータ信号を復調することを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係る実施形態について説明する。

【0012】＜第1の実施形態＞図1は、本発明に係る第1の実施形態である、カオス信号発生器を用いた通信システムの構成を示すブロック図である。この実施形態の通信システムは、送信機100と受信機200とが通信ケーブル300を介して接続されてなり、送信機100は、互いに独立でかつ異なるパラメータを有する複数のm個のカオス信号発生器KG1乃至KGmを備える一方、受信機200は、送信機100の各カオス信号発生器KG1乃至KGmとそれぞれ同一のパラメータを有するカオス信号発生器KG'1乃至KG'mを備える。この通信システムでは、互いに独立しているカオス信号発生器KG1乃至KGmの測定信号 $p_1(t)$ 乃至 $p_m(t)$ の重ね合わせより構成される1つの送信信号TX(t)から元のカオス信号 $y_1(t)$ 乃至 $y_m(t)$ を分離同期して信号の送受信を行うことができる。ここで、信号の分離同期とは、複数の信号の重ね合わせ信号から各々の信号を分離し、元の信号に同期させることである。

【0013】図1において、送信機100では、互いに独立かつそれぞれ異なるパラメータを有する複数のm個のカオス信号発生器KG1乃至KGmからカオス信号であ

る出力信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、…、 $x_m(t)$ を発生し、それぞれのカオス信号発生器KG1乃至KGmから測定信号 $p_1(t)$ 、 $p_2(t)$ 、…、 $p_m(t)$ を取り出し、それらを合成器101により合成してなる送信信号 $TX(t) = p_1(t) + p_2(t) + \dots + p_m(t)$ を1つの信号として通信ケーブル300の送信チャンネルを介して受信機200に送信する。

【0014】受信機200では、送信機100のカオス信号発生器KG1乃至KGmとそれぞれ同一のパラメータを有する複数のm個のカオス信号発生器KG'1乃至KG'mを有して、さらに送信機100と同様に測定信号 $q_1(t)$ 、 $q_2(t)$ 、…、 $q_m(t)$ と、それらの合成信号 $TY(t) = q_1(t) + q_2(t) + \dots + q_m(t)$ を合成器204により発生する。減算器201は、通信ケーブル300を介して受信された送信信号TX(t)から合成信号TY(t)を減算して、誤差信号 $ER(t) = TX(t) - TY(t)$ を発生して分配器202に出力する。分配器202は、入力された誤差信号ER(t)を複数m分配してフォトダイオード203-1乃至203-mにより光電変換した後、光電変換後の電気信号を制御信号 $c_1(t)$ 、 $c_2(t)$ 、…、 $c_m(t)$ としてそれぞれカオス信号発生器KG'1乃至KG'mに出力する。すなわち、誤差信号ER(t)から制御信号 $c_1(t)$ 、 $c_2(t)$ 、…、 $c_m(t)$ を発生し、受信機200側のすべてのカオス信号発生器KG'1乃至KG'mを制御する。これによって、受信機200にあるカオス信号発生器KG'1乃至KG'mからのカオス信号である出力信号 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ 、…、 $y_m(t)$ は所定の過渡時間の後、送信機100のカオス信号発生器KG1乃至KGmからの出力信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、…、 $x_m(t)$ に同期する。すなわち、次式が成立する。

【0015】

【数1】 $t \rightarrow \infty$ のときにすべてのiに対して、

$$|y_i(t) - x_i(t)| \rightarrow 0$$

【0016】以上のように構成された、カオス信号発生器を用いた通信システムにおいて、フォトダイオードを用いて光信号を電気信号に光電変換し、もしくは、EOMを用いて電気信号を光信号に変調することができるので、詳細後述するように、当該通信システムを光信号のみで伝送するように構成するにしてもよいし、電気信号のみで伝送するように構成してもよい。図1の例では、受信機200側でフォトダイオード203-1乃至203-mを挿入して光電変換している。

【0017】図2は、図1の光-電気遅延帰還型カオス信号発生器KGの構成を示すブロック図である。図2において、半導体レーザ装置であるレーザダイオード11によって所定の波長を有するパワーμmの光信号が発生されて電気光学変調器（以下、EOMという。）12に入射する。EOM12は、入射する光信号を、入力される

出力信号  $x(t)$  に従って、直流電源 17 の直流バイアス電圧だけオフセットされたオフセット量  $\theta$  で強度変調して、変調後の光信号を、時間遅延量  $T_r$  を有する光ファイバケーブル 13 を介して光ファイバカプラー 14 に出力する。ここで、直流電源 17 からの出力直流電圧は高周波阻止用インダクタ 18 を介して EOM 12 の変調信号入力端子 12t に入力され、出力信号  $x(t)$  が直流バイアス電圧だけオフセットされる。光ファイバカプラー 14 は入力される光信号を所定の分波比で、測定信号  $p(t)$  と別の測定信号  $p'(t)$  とに 2 分配され、測定信号  $p(t)$  は外部装置に出力される一方、別の測定信号  $p'(t)$  はフォトダイオード 15 で電気信号に光電変換された後、高周波増幅器 16 を介して出力信号  $x(t)$  となる。

【0018】 以上のように構成されたカオス信号発生器 KG において、カオス信号の発生パラメータはパワー  $\mu$  とオフセット量  $\theta$  であり、カオス信号の発生方法及び条件については、特開平 2-115820 号公報や特開平 4-135220 号公報において開示されており公知である。カオス信号発生器 KG は、EOM 12 と光ファイバケーブル 13 と光ファイバカプラー 14 とフォトダイオード 15 と高周波増幅器 16 とにより構成される帰還ループ回路によりカオス発振動作し、カオス電気信号である出力信号  $x(t)$  と、カオス光信号である測定信号  $p(t)$  を外部装置に出力する。

【0019】 図 3 は、図 1 の光-電気遅延帰還型カオス信号発生器 KG' の構成を示すブロック図である。受信機 200 側に設けられるカオス信号発生器 KG' は、送信機 100 側に設けられるカオス信号発生器 KG に比較して、以下の点が異なるが、他の構成は同様である。

(1) 出力信号が  $y(t)$  と定義され、測定信号が  $q(t)$  と定義され、制御信号  $c(t)$  がさらに導入される。

(2) 高周波増幅器 16 の出力端子と、EOM 12 の制御信号入力端子との間に、加算器である合成器 19 が挿入され、合成器 19 は出力信号  $y(t)$  と制御信号  $c(t)$  とを加算することにより合成して EOM 12 の変調信号入力端子 12t に出力する。

【0020】 以上のように構成されたカオス信号発生器 KG' は、EOM 12 と光ファイバケーブル 13 と光ファイバカプラー 14 とフォトダイオード 15 と高周波増幅器 16 とにより構成される帰還ループ回路によりカオス発振動作し、かつ、そのカオス発振動作が制御信号  $c(t)$  により制御され、カオス電気信号である出力信号  $y(t)$  と、カオス光信号である測定信号  $q(t)$  を外部装置に出力する。

【0021】 <第 2 の実施形態> 図 4 は、本発明に係る第 2 の実施形態である、カオス信号発生器を用いた光通信システムの構成を示すブロック図である。この実施形態の通信システムは、互いに光ファイバケーブル 310

を介して接続された光送信機 110 と光受信機 210 とからなり、光送信機 110 と光受信機 210 とがそれぞれ 2 つのカオス信号発生器を備えることにより、2 つのカオス信号を分離同期することの特徴としている。

【0022】 図 4 において、光送信機 110 では、EOM 12-1 と光ファイバケーブル 13-1 と光ファイバカプラー 14-1 とフォトダイオード 15-1 と高周波増幅器 16-1 とにより帰還ループ回路を構成し、当該帰還ループ回路とレーザダイオード 11-1 とにより第 1 のカオス信号発生器を構成する。一方、EOM 12-2 と光ファイバケーブル 13-2 と光ファイバカプラー 14-2 とフォトダイオード 15-2 と高周波増幅器 16-2 とにより帰還ループ回路を構成し、当該帰還ループ回路とレーザダイオード 11-2 とにより第 2 のカオス信号発生器を構成する。第 1 のカオス信号発生器からの測定信号は光ファイバカプラー 14-1 から光合波器 101a に出力され、第 2 のカオス信号発生器からの測定信号は光ファイバカプラー 14-2 から光合波器 101a に出力され、光合波器 101a は 2 つの測定信号を合波した後、合波信号を送信信号として光ファイバケーブル 310 を介して光受信機 210 の光合波分波器 20 の入力端子 Ta に出力して伝送する。

【0023】 光受信機 210 では、EOM 12'-1 と光ファイバケーブル 13'-1 と光ファイバカプラー 14'-1 とフォトダイオード 15'-1 と加算増幅器 21-1 とにより帰還ループ回路を構成し、当該帰還ループ回路とレーザダイオード 11'-1 とにより第 1 のカオス信号発生器を構成する。一方、EOM 12'-2 と光ファイバケーブル 13'-2 と光ファイバカプラー 14'-2 とフォトダイオード 15'-2 と加算増幅器 21-2 とにより帰還ループ回路を構成し、当該帰還ループ回路とレーザダイオード 11'-2 とにより第 2 のカオス信号発生器を構成する。ここで、光送信機 110 の第 1 のカオス信号発生器のパラメータは光受信機 210 の第 1 のカオス信号発生器のパラメータと同一であり、光送信機 110 の第 2 のカオス信号発生器のパラメータは光受信機 210 の第 2 のカオス信号発生器のパラメータと同一であるが、第 1 と第 2 のカオス信号発生器のパラメータは互いに独立で異なる。

【0024】 光ファイバカプラー 14'-1 で分配される測定信号は光合波器 204a を介して光合波分波器 20 の入力端子 Tb に入力されるとともに、光ファイバカプラー 14'-2 で分配される測定信号は光合波器 204a を介して光合波分波器 20 の入力端子 Tb に入力される。

【0025】 光合波分波器 20 は、図 5 に示すように、2 つのフォトダイオード 31、32 と、2 つの差動増幅器 33、34 とから構成され、フォトダイオード 31 は入力端子 Ta から入射する光信号を電気信号に光電変換して、差動増幅器 33 及び 34 の各非反転入力端子に出

力する一方、フォトダイオード32は入力端子Tbから入射する光信号を電気信号に光電変換して、差動増幅器33及び34の各反転入力端子に出力する。差動増幅器33は、非反転入力端子に輸入される電気信号から反転信号端子に輸入される電気信号を減算し増幅して、差動増幅結果の信号を出力端子Tcから出力する。一方、差動増幅器34は、非反転入力端子に輸入される電気信号から反転信号端子に輸入される電気信号を減算し増幅して、差動増幅結果の信号を出力端子Tdから出力する。従って、出力端子Tcから出力される電気信号は、入力端子Taを介して入力される光信号と、入力端子Tbを介して入力される光信号との差信号に対応し、出力端子Tdから出力される電気信号は、入力端子Taを介して入力される光信号と、入力端子Tbを介して入力される光信号との差信号に対応する。

【0026】図4において、光合波分波器20の出力端子Tcから出力される電気信号は加算増幅器21-1の入力端子に輸入されて、制御信号 $c_1(t)$ として動作する。また、光合波分波器20の出力端子Tdから出力される電気信号は加算増幅器21-2の入力端子に輸入されて、制御信号 $c_2(t)$ として動作する。

【0027】以上のように構成された通信システムにおいても、光送信機110から光ファイバケーブル310を介して送信された制御信号により光受信機210側の第1と第2のカオス信号発生器の動作が制御され、光受信機210にある第1と第2のカオス信号発生器からのカオス信号である2つの出力信号は所定の経過時間の後、光送信機110の第1と第2のカオス信号発生器からの出力信号に同期する。

【0028】＜第3の実施形態＞図6は、本発明に係る第3の実施形態である、複合共振器型半導体レーザ装置を備えたカオス信号発生器を用いた光通信システムの構成を示すブロック図である。この実施形態の光通信システムは、すべて光学素子で構成して全光型通信システムを構成したことを特徴としている。

【0029】図6において、光送信機120では、レーザダイオード40-1の発振光信号の第1の放射面側に集光レンズ41-1を介して外部ミラー42-1が設けられ、レーザダイオード40-1から放射される発振光信号は集光レンズ41-1を介して外部ミラー42-1で反射された後、同じ光路をたどり、集光レンズ41-1を介してダイオード40-1に外部反射光として入射して第1のカオス信号発生器の帰還ループ回路を構成して、レーザダイオード40-1の第2の放射面からの発振光信号はカオス状態となって光ファイバケーブル43に出力される。ここで、レーザダイオード40-1の第1の放射面から外部ミラー42-1の反射面までの距離は $L1/2$ に設定され、これにより、カオス発振のパラメータが定まる。

【0030】一方、レーザダイオード40-2の発振光

信号の第1の放射面側に集光レンズ41-2を介して外部ミラー42-2が設けられ、レーザダイオード40-2から放射される発振光信号は集光レンズ41-2を介して外部ミラー42-2で反射された後、同じ光路をたどり、集光レンズ41-2を介してダイオード40-2に外部反射光として入射して第2のカオス信号発生器の帰還ループ回路を構成し、レーザダイオード40-2の第2の放射面からの発振光信号はカオス状態となって光ファイバケーブル43に出力される。ここで、レーザダイオード40-2の第1の放射面から外部ミラー42-2の反射面までの距離は $L2/2$ に設定され、これにより、カオス発振のパラメータが定まる。ここで、 $L1 \neq L2$ である。

【0031】光ファイバケーブル43は入力される2つの発振光信号を合波した後、送信光信号として光アイソレータ44及び光ファイバケーブル320を介して光受信機220の光ファイバケーブル45に伝送されて入力される。

【0032】光受信機220では、第1のカオス信号発生器のレーザダイオード40'-1で発振された発振光信号は光ファイバケーブル47-1を介して光減算器46-1に出力される一方、第2のカオス信号発生器のレーザダイオード40'-2で発振された発振光信号は光ファイバケーブル47-2を介して光減算器46-2に出力される。光ファイバケーブル45は、光ファイバケーブル320を介して受信された光信号を2分配し、一方の光信号を光減算器46-1に出力する一方、他方の光信号を光減算器46-2に出力する。光減算器46-1は光ファイバケーブル45から入力される光信号から、光ファイバケーブル47-1から入力される光信号を減算して、減算結果の光信号をレーザダイオードの帰還信号としてレーザダイオード40'-2に輸入する。一方、光減算器46-2は光ファイバケーブル45から入力される光信号から光ファイバケーブル47-2から入力される光信号を減算して、減算結果の光信号をレーザダイオードの帰還信号としてレーザダイオード40'-1に輸入する。ここで、光減算器46-1及び46-2は、入力される一方の光信号を $\pi$ だけ移相した後、2つの光信号を合波することにより光減算演算を行う。

【0033】以上のように構成された光受信機220において、光減算器46-2とレーザダイオード40'-1と光ファイバケーブル47-1と光減算器46-1とにより帰還長さ $L1$ を有する第1のカオス信号発生器の帰還ループ回路を構成し、光減算器46-1とレーザダイオード40'-2と光ファイバケーブル47-2と光減算器46-2とにより帰還長さ $L2$ を有する第1のカオス信号発生器の帰還ループ回路を構成する。

【0034】以上のように構成された第3の実施形態の通信システムは、第1及び第2の実施形態の通信システムと同様に動作する。すなわち、光送信機120から光

ファイバケーブル320を介して送信された制御信号により光受信機220側の第1と第2のカオス信号発生器の動作が制御され、光受信機220にある第1と第2のカオス信号発生器からのカオス信号である2つの出力信号は所定の過渡時間の後、光送信機120の第1と第2のカオス信号発生器からの出力信号に同期する。

【0035】<第4の実施形態>図7は、本発明に係る第4の実施形態である、カオスコード分割多重アクセス(CCDMA)システムを構成する、カオス信号発生器を用いた光通信システムの構成を示すブロック図である。この光通信システムは、互いに光ファイバケーブル330及び331を介して接続された光送信機130と光受信機230とにより構成される。

【0036】図7において、光送信機130では、送信機100内の合成器101から出力される送信信号TX(t)は光ファイバケーブル330を介して光受信機230の受信機200内の減算器201に伝送されて入力される。一方、送信機100内の各カオス信号発生器KG1乃至KGmからそれぞれ出力されるカオス信号である出力信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $x_m(t)$ はそれぞれEOM51-1乃至51-mに入力される。

【0037】光受信機230側に伝送すべきデジタルデータ信号 $b_1(t)$ 、 $b_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $b_m(t)$ はそれぞれEOM51-1乃至51-mに入力され、EOM51-1乃至51-mはそれぞれ、出力信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $x_m(t)$ を対応するデジタルデータ信号 $b_1(t)$ 、 $b_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $b_m(t)$ に従って強度変調して変調後の光信号 $z_1(t)$ 、 $z_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $z_m(t)$ を光合波器52に出力する。光合波器52は、入力される複数m個の光信号を合波して、合波信号を送信光信号TXD(t) =  $z_1(t) + z_2(t) + \dots + z_m(t)$ を光ファイバケーブル331を介して光分波器53に伝送して出力する。

【0038】光受信機230では、光分波器53は入力された光信号を複数m個の光信号に分配した後、復調器54-1乃至54-mに出力する。一方、受信機200内の各カオス信号発生器KG'1乃至KG'mによって発生された出力信号 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $y_m(t)$ はそれぞれ対応する復調器54-1乃至54-mに出力される。各復調器54-1乃至54-mはそれぞれ、EOMとフォトダイオードと時間積分器とが縦続接続されて構成され、入力される光信号を対応する出力信号 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $y_m(t)$ に従って強度変調した後、光電変換しかつ時間積分することにより、それぞれ対応するデジタルデータ信号 $b_1'(t)$ 、 $b_2'(t)$ 、 $\dots$ 、 $b_m'(t)$ を復調して出力する。

【0039】以上のように構成された第4の実施形態の光通信システムでは、測定信号の合波信号である送信信号TX(t)を光ファイバケーブル330を用いて送信

する一方、送信機100の各カオス信号発生器KG1乃至KGmで発生されたカオス信号である出力信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $x_m(t)$ を伝送すべきデジタルデータ信号 $b_1(t)$ 、 $b_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $b_m(t)$ に従って強度変調してその合波信号である送信光信号TXD(t)を光ファイバケーブル331を介して送信する。そして、光受信機230では、送信信号TX(t)に基づいて各カオス信号発生器KG'1乃至KG'mで分離同期することにより復元したカオス信号である出力信号 $y_1(t)$ 、 $y_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $y_m(t)$ を用いて、異なるカオス信号間の直交性を利用して、送信光信号TXD(t)から元のデジタルデータ信号 $b_1(t)$ 、 $b_2(t)$ 、 $\dots$ 、 $b_m(t)$ を復調して抽出する。すなわち、異なるカオス信号間の直交性を利用して、カオス信号とTXD(t)信号との相関関数の時間積分によって元の情報を回復できる。これにより、カオス信号をコード信号として用いた、CDMA光通信システムを構成している。

【0040】

20 【実施例】本発明者は、図4の第2の実施形態の通信システムを用いて実験を行って、その動作について以下のように確認した。

【0041】図8は、カオス信号発生器KG1からの出力信号 $x_1(t)$ の信号波形を示す波形図であり、図9は、カオス信号発生器KG2からの出力信号 $x_2(t)$ の信号波形を示す波形図である。また、図10は、カオス信号発生器KG1からの出力信号 $x_1(t)$ と出力遅延信号 $x_1(t+Tr)$ との相関関係を示す位相図であり、図11は、カオス信号発生器KG2からの出力信号 $x_2(t)$ と出力遅延信号 $x_2(t+Tr)$ との相関関係を示す位相図である。図8乃至図11から明らかなように、第1のカオス信号発生器KG1と第2のカオス信号発生器KG2とによって発生されるカオス信号は互いに独立でかつ異なるパラメータを有することがわかる。

【0042】さらに、図12は、光送信機110からの送信信号TX(t)の信号波形を示す波形図である。また、図13は、光受信機110の第1のカオス信号発生器KG'1からの出力信号 $y_1(t)$ と出力遅延信号 $y_1(t+Tr)$ との相関関係を示す位相図であり、図14は、光受信機210の第2のカオス信号発生器KG'2からの出力信号 $y_2(t)$ と出力遅延信号 $y_2(t+Tr)$ との相関関係を示す位相図である。さらに、図15は、光送信機110の第1のカオス信号発生器KG1からの出力信号 $x_1(t)$ と、光受信機210の第1のカオス信号発生器KG'1からの出力信号 $y_1(t)$ との相関関係を示す位相図であり、図16は、光送信機110の第2のカオス信号発生器KG2からの出力信号 $x_2(t)$ と、光受信機210の第2のカオス信号発生器KG'2からの出力信号 $y_2(t)$ との相関関係を示す位相図である。図13乃至図16から明らかなように、光



受信機210側のカオス信号発生器からの出力信号は、光送信機110側のカオス信号発生器からの出力信号に完全に同期していることがわかる。つまり、1つの送信信号よりカオス信号を分離することができることがわかる。

【0043】＜変形例＞以上の実施形態においては、光ファイバケーブル310、320、330、331を用いて伝送しているが、本発明はこれに限らず、電気信号の形式で同軸ケーブルなどの通信ケーブルで伝送してもよい。また、無線伝送路を用いてもよく、この場合、無線送信機と無線受信機が付加される。

【0044】＜実施形態の効果＞以上説明したように、本発明に係る実施形態によれば、互いに独立しているカオス信号の重ね合わせから元の信号を分離することができ、その通信システムの構成は非常に簡単であり、容易に電子回路又は光学素子で実現できる。また、当該通信システムを用いて、カオス信号を拡散コードとして利用するカオススペクトル拡散通信システム又は多重秘話通信システムを構築することができる。

【0045】

【発明の効果】以上詳述したように第1の発明に係るカオス信号発生器を用いた通信システムによれば、通信路を介して接続された送信機と受信機とを備えた通信システムにおいて、上記送信機は、互いに独立でかつ異なるパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第1のカオス信号発生器と、上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第1の合成手段とを備え、上記受信機は、上記複数の第1のカオス信号発生器とそれぞれ同一のパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第2のカオス信号発生器と、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の合成信号を出力する第2の合成手段と、上記第1の合成手段から出力される送信信号から、上記第2の合成手段から出力される合成信号を減算して誤差信号を生成して、制御信号として上記複数の第2のカオス信号発生器に出力する減算手段とを備え、上記複数の第2のカオス信号発生器を上記制御信号を用いて制御することにより、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号はそれぞれ、上記複数の第1のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号に分離して同期する。従って、本発明によれば、互いに独立しているカオス信号の重ね合わせから元の信号を分離することができ、その通信システムの構成は非常に簡単であり、容易に電子回路又は光学素子で実現できる。また、当該通信システムを用いて、カオス信号を拡散コードとして利用するカオススペクトル拡散通信システム又は多重秘話通信システムを構築することができる。

【0046】また、第2の発明に係るカオス信号発生器

を用いた通信システムによれば、第1と第2の通信路を介して接続された送信機と受信機とを備えた通信システムにおいて、上記送信機は、互いに独立でかつ異なるパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第1のカオス信号発生器と、上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記第1の通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第1の合成手段と、上記複数のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を、入力される対応するデータ信号に従って変調して、変調後のカオス信号を出力する複数の変調手段と、上記複数の変調手段から出力される複数の変調後のカオス信号を合成して、合成後の送信信号を上記第2の通信路を介して上記受信機に伝送して出力する第3の合成手段とを備え、上記受信機は、上記複数の第1のカオス信号発生器とそれぞれ同一のパラメータを有し、カオス信号を発生して出力する複数の第2のカオス信号発生器と、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号を合成して、合成後の合成信号を出力する第2の合成手段と、上記第1の合成手段から出力される送信信号から、上記第2の合成手段から出力される合成信号を減算して誤差信号を生成して、制御信号として上記複数の第2のカオス信号発生器に出力する減算手段と、上記減算手段から出力される制御信号に基づいて、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される対応するカオス信号を用いて、データ信号を復調して出力する複数の復調手段とを備え、上記複数の第2のカオス信号発生器を上記制御信号を用いて制御することにより、上記複数の第2のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号はそれぞれ、上記複数の第1のカオス信号発生器から出力される複数のカオス信号に分離して同期するとともに、上記受信機で分離された複数のカオス信号を用いてデータ信号を復調する。従って、本発明によれば、互いに独立しているカオス信号の重ね合わせから元の信号を分離することができ、その通信システムの構成は非常に簡単であり、容易に電子回路又は光学素子で実現できる。また、当該通信システムを用いて、カオス信号を拡散コードとして利用するカオススペクトル拡散通信システム又は多重秘話通信システムを構築することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施形態である、カオス信号発生器を用いた通信システムの構成を示すブロック図である。

【図2】 図1の光-電気遅延帰還型カオス信号発生器KGの構成を示すブロック図である。

【図3】 図1の光-電気遅延帰還型カオス信号発生器KG'の構成を示すブロック図である。

【図4】 本発明に係る第2の実施形態である、カオス信号発生器を用いた光通信システムの構成を示すブロッ

ク図である。

【図5】 図4の光合波分波器20の構成を示すブロック図である。

【図6】 本発明に係る第3の実施形態である、複合共振器型半導体レーザ装置を備えたカオス信号発生器を用いた光通信システムの構成を示すブロック図である。

【図7】 本発明に係る第4の実施形態である、カオスコード分割多重アクセス(CCDMA)システムを構成する、カオス信号発生器を用いた光通信システムの構成を示すブロック図である。

【図8】 図4の第2の実施形態の通信システムにおけるカオス信号発生器KG1からの出力信号 $x_1(t)$ の信号波形を示す波形図である。

【図9】 図4の第2の実施形態の通信システムにおけるカオス信号発生器KG2からの出力信号 $x_2(t)$ の信号波形を示す波形図である。

【図10】 図4の第2の実施形態の通信システムにおけるカオス信号発生器KG1からの出力信号 $x_1(t)$ と出力遅延信号 $x_1(t+T_r)$ との相関関係を示す位相図である。

【図11】 図4の第2の実施形態の通信システムにおけるカオス信号発生器KG2からの出力信号 $x_2(t)$ と出力遅延信号 $x_2(t+T_r)$ との相関関係を示す位相図である。

【図12】 図4の第2の実施形態の通信システムにおける光送信機110からの送信信号TX(t)の信号波形を示す波形図である。

【図13】 図4の第2の実施形態の通信システムにおけるカオス信号発生器KG'1からの出力信号 $y_1(t)$ と出力遅延信号 $y_1(t+T_r)$ との相関関係を示す位相図である。

【図14】 図4の第2の実施形態の通信システムにおけるカオス信号発生器KG'2からの出力信号 $y_2(t)$ と出力遅延信号 $y_2(t+T_r)$ との相関関係を示す位相図である。

【図15】 図4の第2の実施形態の通信システムにおける、カオス信号発生器KG1からの出力信号 $x_1(t)$ と、カオス信号発生器KG'1からの出力信号 $y_1(t)$ との相関関係を示す位相図である。

【図16】 図4の第2の実施形態の通信システムにおける、カオス信号発生器KG2からの出力信号 $x_2(t)$ と、カオス信号発生器KG'2からの出力信号 $y_2(t)$ との相関関係を示す位相図である。

【符号の説明】

11, 11-1, 11-2, 11'-1, 11'-2...レーザダイオード、

12, 12-1, 12-2, 12'-1, 12'-2...電気光学変調器(EOM)、

13, 13-1, 13-2, 13'-1, 13'-2...光ファイバケーブル、

14, 14-1, 14-2, 14'-1, 14'-2...光ファイバカプラー、

15, 15-1, 15-2, 15'-1, 15'-2...フォトダイオード、

16, 16-1, 16-2...高周波増幅器、

10 17...直流電源、

18...高周波阻止用インダクタ、

19...合成器、

20...光合波分波器、

21-1, 21-2...加算増幅器、

31, 32...フォトダイオード、

33, 34...差動増幅器、

40-1, 40-2, 40'-1, 40'-2...レーザダイオード、

41-1, 41-2...集光レンズ、

20 42-1, 42-2...外部ミラー、

43...光ファイバカプラー、

44...光アイソレータ、

45...光ファイバカプラー、

46-1, 46-2...光減算器、

47-1, 47-2...光ファイバケーブル、

51-1乃至51-m...電気光学変調器(EOM)、

52...光合波器、

53...光分波器、

54-1乃至54-m...復調器、

30 100...送信機、

101...合成器、

101a...光合波器、

110, 120, 130...光送信機、

200...受信機、

201...減算器、

202...分配器、

203-1乃至203-m...フォトダイオード、

204...合成器、

204a...光合波器、

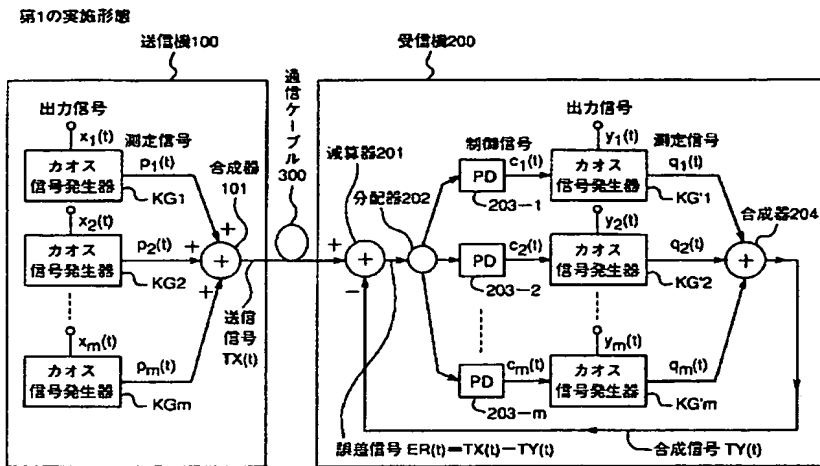
40 210, 220, 230...光受信機、

300...通信ケーブル、

310, 320, 330, 331...光ファイバケーブル、

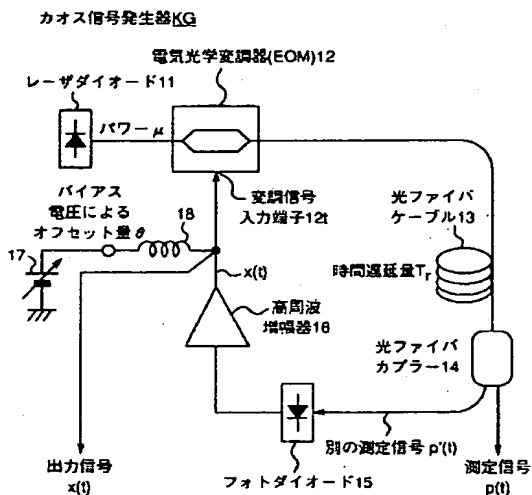
KG1乃至KGm, KG'1乃至KG'm...カオス信号発生器。

【図1】

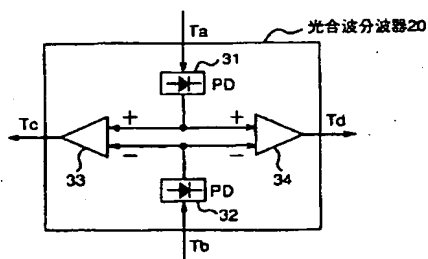
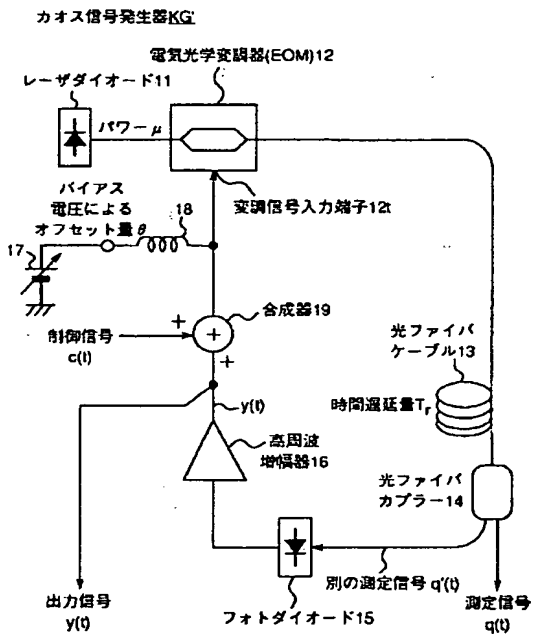


【図2】

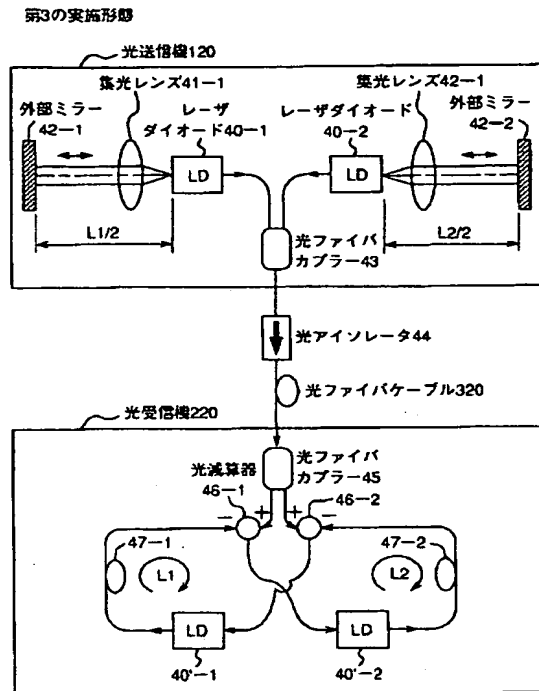
【図3】



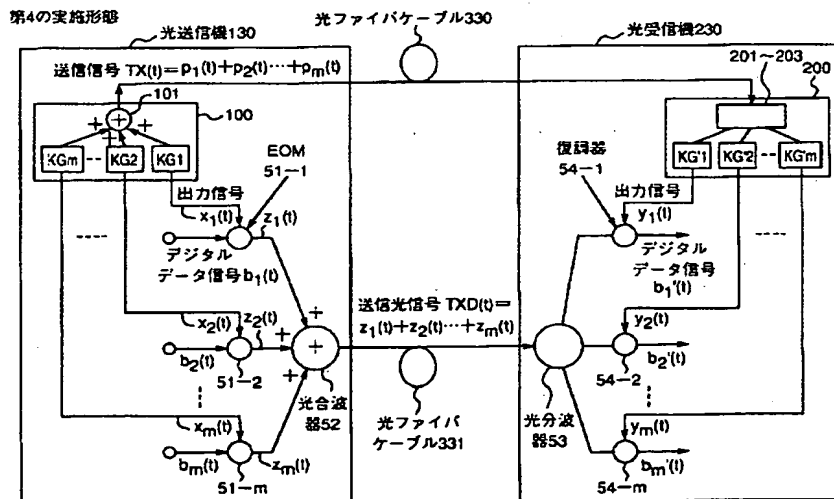
【図5】



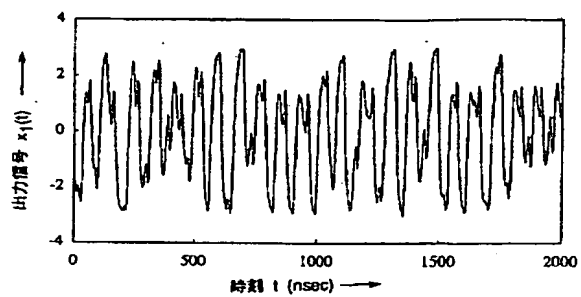
【図6】



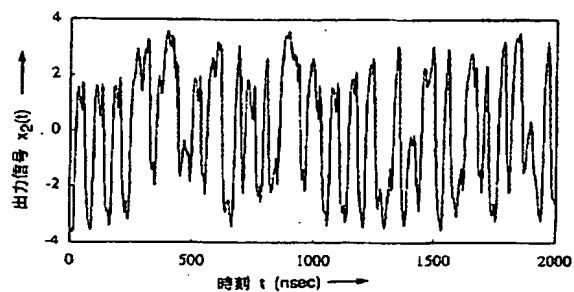
【図 7】



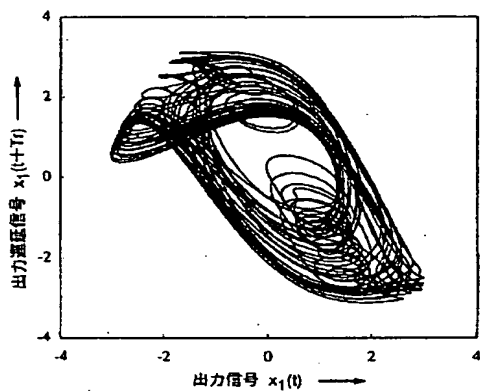
【図8】



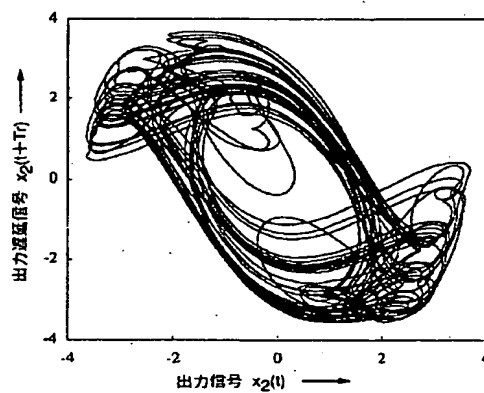
【図9】



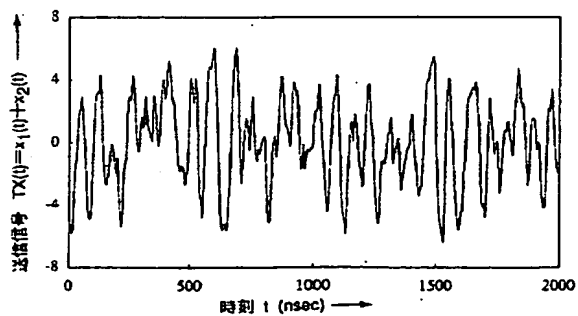
【図10】



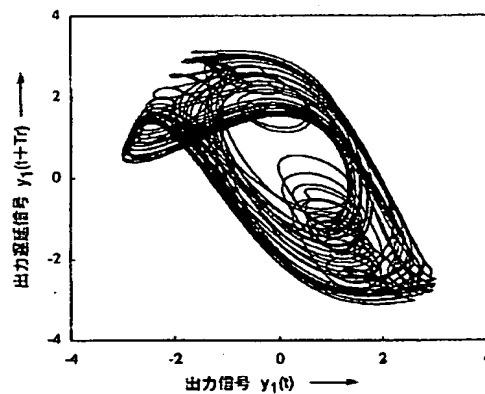
【図11】



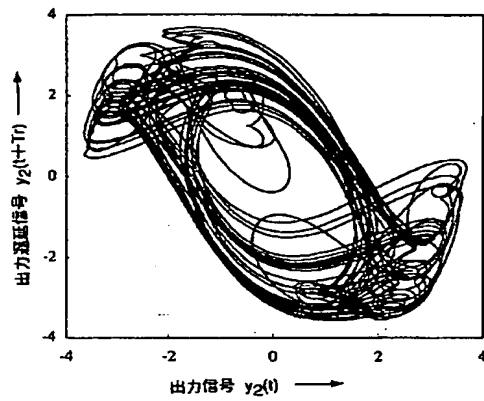
【図12】



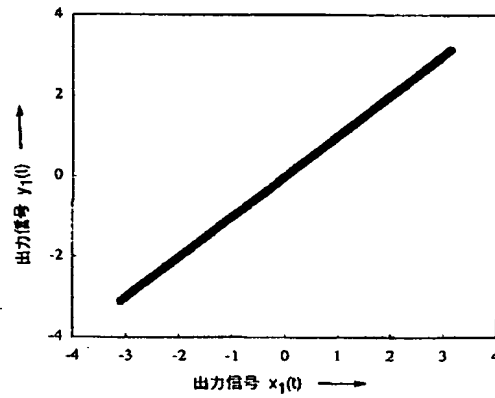
【図13】



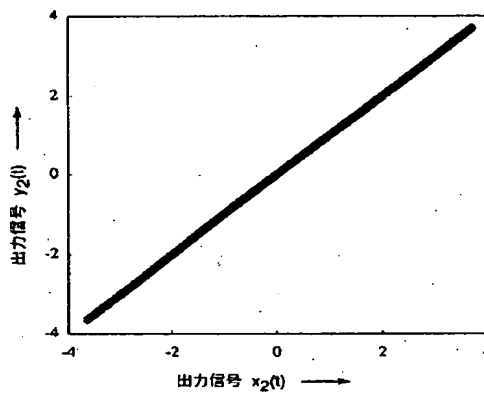
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 ビーター・デービス  
京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5  
番地 株式会社エイ・ティ・アール環境適  
応通信研究所内

F ターム(参考) 2H079 AA02 CA04 CA24 FA03 KA11  
KA18 KA19 KA20  
5K002 AA01 AA02 AA03 BA02 BA04  
BA05 BA13 DA01 FA01  
5K022 EE01 EE11 EE21 EE31